

ПРИМЕСОН-ФОНОННЫЕ ВОЛНЫ И БЫСТРАЯ ДИССОЦИАЦИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ ^3He В ТВЕРДОЙ МАТРИЦЕ ^4He

Лыках В.А., Сыркин Е.С., Галушак И.В., Кривонос С.С.

Национальный технический университет

“Харьковский политехнический институт”, г. Харьков

Квантовые растворы твердого гелия ^3He - ^4He в кристаллическом состоянии демонстрируют набор необычных свойств: возможно существование специфических квазичастиц - дефектонов (точечный дефект в матрице ^4He), примесонов (легкий атом примеси ^3He в матрице ^4He), и вакансионов (вакансии в матрице ^4He), предсказанных теоретически. Примесоны были обнаружены в эксперименте. В классическом кристалле примеси и вакансии диффундируют, совершая сравнительно редкие скачки. В квантовом кристалле ^4He примеси и вакансии за счет квантового туннелирования делокализуются, и возможно их зонное движение подобное движению электрона в зоне проводимости. В англоязычной литературе такое движение называют волнами материи "mass fluctuation wave". Необычным явлением оказалась квантовая диффузия примесонов. Образование зародышей новой фазы ^3He в матрице ^4He при низких температурах в твердых растворах приводит к новым квантовым кинетическим явлениям. Особенно трудно интерпретировать большую скорость диссоциации зародышей фазы ^3He при нагревании выше линии фазового расслоения на Т-х диаграмме. Наиболее интересен пороговый эффект, когда при перегреве на 25 mK вблизи точки $T_i = 100\text{mK}$ скорость диссоциации зародышей возрастает на несколько порядков, что не может быть объяснено в рамках существующей теории квантовой диффузии.

В работе исследовано взаимодействие звуковых и примесонных волн и его роль в быстром распаде зародышей в квантовых твердых растворах ^3He - ^4He . Теоретически изучены свойства квантовых твердых растворов атомов ^3He в матрице ^4He с учетом взаимодействия двух типов волн: фононов и примесонов. Предсказано существование примесон-фононного возбуждения - солитона. Найдены скорости и порог возбуждения такого типа смешанных волн. Показано, что квант примесон-фононной моды обладает одновременно свойствами и фонона (скорость, сравнимая со звуковой) и примесона (перенос массы вещества). Предложен механизм генерации примесон-фононов, объясняющий быстрое растворение зародышей фазы ^3He в матрице ^4He в экспериментах: при скачкообразном нагреве химический потенциал атомов ^3He в матрице уменьшается скачком, что приводит к их переходу в матрицу с испусканием фононов или примесон-фононов (аналог фотоэффекта). Полученная зависимость скорости примесонов и примесон-фононов от величины перегрева качественно совпадает с полученной в эксперименте скоростью растворения зародышей ^3He .